



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08200368 A**(43) Date of publication of application: **06.08.96**

(51) Int. Cl.

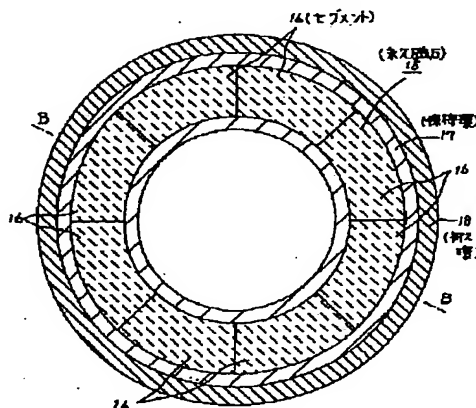
F16C 32/04(21) Application number: **07010051**(71) Applicant: **NIPPON SEIKO KK**(22) Date of filing: **25.01.95**(72) Inventor: **FUKUYAMA HIROMASA
TAKIZAWA TAKESHI****(54) SUPERCONDUCTING MAGNETIC BEARING
DEVICE****(57) Abstract:**

PURPOSE: To prevent a permanent magnet from being broken by the large centrifugal force generated at the time of high-speed revolutions by providing a holding ring covering the outer peripheries of multiple segments formed into a circular arc shape respectively and combined into a circular ring shape when they are butted and a pressing ring pressing the outer periphery of the holding ring toward the inside of the diameter direction.

CONSTITUTION: When the end faces in the inner peripheral direction of multiple segments 16, 16 formed into a circular arc shape respectively and having the same shape and the same size are butted together, the whole permanent magnet 15 is formed into a circular ring shape. The segments 16, 16 are held inside a protective ring 17 made of a nonmagnetic material. The whole protective ring 17 is formed into a circular ring shape. The outer peripheries of the segments 16, 16 are covered by part of the holding ring 17 over the whole periphery. Even if large centrifugal force is applied to the permanent magnet 15 at the time of usage, the segments 16, 16 are not separated from each other. Since the outer periphery of the holding ring 17 is covered by a

pressing ring 18 made of a high-tensile strength material, the outer periphery of the holding ring 17 is pressed toward the inside of the diameter direction.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-200368

(43) 公開日 平成8年(1996)8月6日

(51) Int.Cl.⁶

F 1 6 C 32/04

識別記号

Z A A A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-10051

(22) 出願日 平成7年(1995)1月25日

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 福山 寛正

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 滝澤 岳史

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

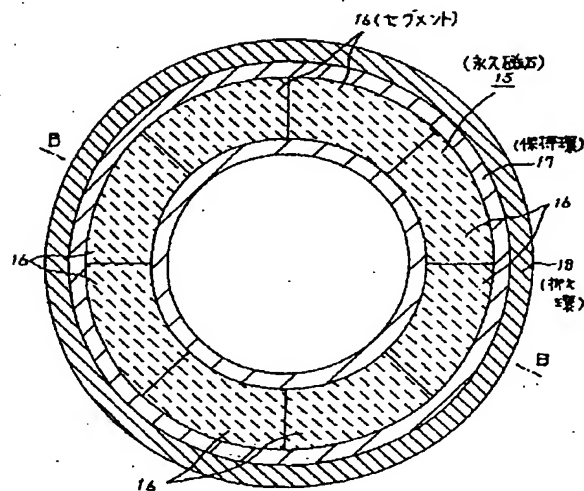
(74) 代理人 弁理士 小山 欽造 (外1名)

(54) 【発明の名称】 超電導磁気軸受装置

(57) 【要約】

【目的】 遠心力により破損する事のない永久磁石15を得る事で、超高速回転を可能にする。

【構成】 それぞれが円弧状に形成された複数のセグメント16、16を組み合わせ、非磁性材製の保持環17に嵌合保持する。更に、この保持環17の外周面を高抗張力材製の抑え環18により抑え付ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転部材の回転中心と同心に固定された円環状の永久磁石と、この永久磁石と対向した状態で固定部材に配設された超電導体とを備えた超電導磁気軸受装置に於いて、上記永久磁石は、それぞれが円弧状に形成され、円周方向端面同士を突き合わせる事で全体が円環状となる複数のセグメントと、円環状に組み合わせられた複数のセグメントの少なくとも外周面をその全周に互って覆う非磁性材製の保持環と、この保持環の少なくとも外周面をその全周に互って覆うと共にこの保持環の外周面を直径方向内側に向けて抑え付ける、高抗張力材製の抑え環とを備えたものである事を特徴とする超電導磁気軸受装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば夜間の余剰電力を運動エネルギーに変換して貯蔵し、昼間にこの運動エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す電力貯蔵装置を構成する超電導フライホイール装置等、各種超高速回転機械装置用超電導磁気軸受装置に関する。

【0002】

【従来の技術】小規模事業所や一般家庭に設置して夜間の余剰電力を貯蔵できる装置として、回転軸にモーメントの大きなフライホイールを固定すると共に、この回転軸に発電機兼用モータを組み付けた電力貯蔵装置が研究されている。この電力貯蔵装置の場合、夜間には上記発電機兼用モータに余剰電力を供給する事により、上記回転軸及びフライホイールを回転させ、上記余剰電力を運動エネルギーに変換して、フライホイールの回転運動エネルギーとして貯蔵する。そして昼間には、この回転運動エネルギーに基づいて、上記発電機兼用モータにより発電し、電力を取り出して使用する。

【0003】この様なフライホイールを使用した電力貯蔵装置の効率を高める為には、上記フライホイールを回転支持する為の軸受装置として、回転抵抗が少なく、しかも運転に要するエネルギーが少ないものを使用する必要がある。この為従来から、特開平5-248437号公報に記載されている様に、軸受装置として超電導磁気軸受装置を使用した電力貯蔵装置が提案されている。図13は、この公報に記載された、超電導磁気軸受装置を組み込んだ電力貯蔵装置を示している。

【0004】密閉された真空ハウジング1の中心部に回転軸2を、鉛直方向に配設している。上記真空ハウジング1の内側には、この回転軸2の周囲を囲む様にして保持筒3を固定している。そして、この保持筒3の下半部内周面と上記回転軸2の中間部外周面との間に、それぞれが磁性リング4、4と電磁石5、5とから成る能動型磁気軸受6、6を設けて、上記回転軸2のラジアル方向に互る位置決めを図っている。又、上記保持筒3の上半部内周面と上記回転軸2の上端部との間には、ロータ7

とステータ8とから成る発電機兼用モータ9を設けている。

【0005】又、上記回転軸2の下端部には、回転部材であるフライホイール10を固定し、このフライホイール10の下面に円環状の永久磁石11を固定している。この永久磁石11は、軸方向(図13の上下方向)に互って着磁されており、上記フライホイール10の回転中心である、上記回転軸2と同心に固定されている。更に、上記真空ハウジング1の底面には、固定部材を兼ねる冷却ジャケット12を固定し、この冷却ジャケット12の上面に設けた超電導体13の上面を、上記永久磁石11の下面に対向させている。この超電導体13は、上記永久磁石11と同様に円環状とし、この永久磁石11と同心に配置する事が望ましい。但し、円環状に造る事が難しい場合には、それぞれが円板状、円弧状等に造られた複数の超電導体を、上記永久磁石11と同心の円弧上に等間隔に配置する。又、上記冷却ジャケット12内には、液体窒素等の冷却剤を流通自在とし、上記超電導体13を超電導状態にできる様にしている。超電導体13が超電導状態にある場合には、ピン止め効果により、この超電導体13と上記永久磁石11との距離が変化する事が阻止される。従って、これら超電導体13と永久磁石11とが、非接触型の超電導スラスト磁気軸受14を構成する。

【0006】上述の様に構成される従来の電力貯蔵装置の作用は、次の通りである。夜間等に余剰電力を貯蔵する際には、発電機兼用モータ9のステータ8に余剰電力を供給する事で、前記回転軸2及びフライホイール10を回転させる。この際、前記能動型磁気軸受6により、回転軸2のラジアル方向に互る位置決めを図ると共に、冷却ジャケット12内に冷却剤を送り込んで、超電導体13を冷却しておく。超電導体13が冷却され、超電導状態になると、永久磁石11から出た磁束が超電導体13内に拘束される、所謂ピン止め効果により、永久磁石11が超電導体13に対して軸方向及び半径方向に移動するのを阻止する力が作用する。この力によって、上記回転軸2とフライホイール10とに作用する、スラスト方向の力及びラジアル方向の力が支承される。この様に、能動型磁気軸受6と超電導スラスト磁気軸受14とを機能させた状態で、上記回転軸2とフライホイール10とは浮上状態で支持される。従って、これら両部材2、10が回転する事に対する抵抗は極く小さくなる。

【0007】回転軸2とフライホイール10との回転速度は、上記ステータ8への通電に伴って徐々に上昇する為、電力を機械的運動エネルギーに変換した状態で貯蔵できる。回転軸2及びフライホイール10は、真空ハウジング1内に設けられている為、回転する部材の表面と空気とが摩擦し合う事はなく、一度上昇したフライホイール10の回転速度は、上記発電機兼用モータ9による電力取り出しを行なわない限り、殆ど低下する事がなくな

る。昼間等、貯蔵したエネルギーを取り出して使用する場合には、上記ステータ8を負荷（電気設備）に接続する。この結果、上記フライホイール10の回転運動に基づいて上記ステータ8に電力が惹起される。

【0008】尚、図示は省略したが、回転軸2のラジアル方向の変位を防止する為の、非接触型のラジアル軸受を、超電導磁気軸受とする事もできる。この場合には、上記回転軸2の中間部外周面に、前記磁性リング4、4に代えて直径方向に着磁された円環状の永久磁石を固定すると共に、前記保持筒3の下半部内周面に、前記電磁石5、5に代えて超電導体を固定する。又、保持筒3の内部にこの超電導体を冷却する為の冷却ジャケットを設ける。

【0009】ところで、図13に示す様な電力貯蔵装置に貯蔵可能な電力を大きくする為には、次の①②の一方又は双方を実現する必要がある。

① フライホイール10の回転慣性を大きくする。

② フライホイール10の回転速度を速くする。

上記①を実現させる為には、フライホイール10の直径を大きくし、重量を大きくする必要がある。そして、フライホイール10の直径を大きくした場合には、このフライホイール10の下面に固定する永久磁石11の直径も大きくする必要がある。この理由は、重量の大きいフライホイールを支持するには超電導磁気軸受の面積を大きくする必要があり、その為には永久磁石11の直径を大きくする必要がある為である。又、運動エネルギーは速度の自乗に比例して増大する為、貯蔵可能なエネルギーを大きくする為には、上記②は特に重要である。従って、電力貯蔵装置に貯蔵可能な電力を大きくすると、上記永久磁石11に加わる遠心力が大きくなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところが従来は、回転時に加わる大きな遠心力に拘らず破損する危険性のない永久磁石11を造る事は困難で、例えば電力貯蔵装置に貯蔵可能な電力を大きくする事に関して限界があった。この理由は次の通りである。

【0011】即ち、十分な電力を貯蔵可能な程度に大径のフライホイール10に見合う様な、大型で円環状の永久磁石11を一体に造る事は難しい。従って、実際に円環状の永久磁石11を造る場合には、それぞれが円弧形に形成された複数のセグメントを、それぞれの円周方向端面同士を突き合わせて突き合わせ端面同士を接着する事により組み合わせ、全体を円環状にする必要がある。この様に、複数のセグメントを円環状に組み合わせ、円周方向端面同士を接着して円環状の永久磁石11とした後に、大きな遠心力が加わると接着面が剥離する等により、この永久磁石11が破壊され易い。本発明の超電導磁気軸受装置は、この様な不都合を解消すべく発明したものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の超電導磁気軸受装置は、前述の従来から知られた電力貯蔵装置等に組み込まれた超電導磁気軸受装置と同様に、回転部材の回転中心と同心に固定された円環状の永久磁石と、この永久磁石と対向した状態で固定部材に配設された超電導体とを備えている。

【0013】特に、本発明の超電導磁気軸受装置に於いては、上記永久磁石は、それぞれが円弧形に形成され、円周方向端面同士を突き合わせる事で全体が円環状となる複数のセグメントと、円環状に組み合わせられた複数のセグメントの少なくとも外周面をその全周に亘って覆う非磁性材製の保持環と、この保持環の少なくとも外周面をその全周に亘って覆うと共にこの保持環の外周面を直径方向内側に向けて抑え付ける、高抗張力材製の抑え環とを備えたものである。

【0014】

【作用】上述の様に構成される本発明の超電導磁気軸受装置が、回転部材を浮上状態に支持し、この回転部材の回転抵抗を極く小さく抑える際の作用自体は、前述の従来から知られた電力貯蔵装置等に組み込まれた超電導磁気軸受装置と同様である。特に、本発明の超電導磁気軸受装置の場合には、大径の永久磁石を構成した場合でも、この永久磁石の強度を十分に大きくして、高速回転時にも遠心力に基づいてこの永久磁石が破壊される事を防止できる。この為、上記回転部材の超高速回転が可能になる。

【0015】

【実施例】次に、本発明の実施例に就いて説明する。尚、本発明の特徴は、回転部材に固定されてこの回転部材と共に回転する円環状の永久磁石の構成に特徴がある。その他の部分に就いては、例えば図13に示した様な電力貯蔵装置に組み込まれた超電導磁気軸受装置と同様である。従って、従来構造と同様部分に就いては図示並びに重複する説明を省略し、以下、本発明の特徴部分である永久磁石に就いて説明する。

【0016】図1～2は本発明の第一実施例を示している。永久磁石15は、それぞれが円弧形に形成された、同形且つ同大の複数個（図示の例では8個）のセグメント16、16の円周方向端面同士を突き合わせる事で全体を円環状とされている。

【0017】この様な複数個のセグメント16、16は、アルミニウム等の非磁性材により造られた保持環17の内側にがたつきなく保持されている。この保持環17は、断面が軸方向片面側（図2の上面側で、図13に示す様な使用状態では下面側）が開いたコ字形断面を有し、全体を円環状に形成されている。そして、上記各セグメント16、16は、この様な保持環17の内側に保持されている。又、円周方向に隣り合うセグメント16、16の円周方向端面同士、各セグメント16、16の外面と上記保持環17の内面とは、互いに接着固定し

ている。尚、保持環17を非磁性材により造る理由は、永久磁石15の両極から出た磁束がこの保持環17を短絡して流れるのを防止する為である。

【0018】この様に各セグメント16、16を保持環17内に嵌合保持した状態で、これら各セグメント16、16の外周面は、上記保持環17の一部により、全周に互って覆われる。従って、この様な永久磁石15により超電導磁気軸受装置を構成した場合、その使用時にこの永久磁石15に大きな遠心力が作用しても、これら各セグメント同士16、16が離れる事はなくなる。

【0019】又、上記保持環17の外周面を、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)等の高抗張力材製の抑え環18により、その全周に互って覆うと共に、この保持環17の外周面を直径方向内側に向けて抑え付ける。この為にこの抑え環18と上記セグメント16、16を保持した保持環17とを、圧入若しくは冷やしばめにより組み合わせ、上記抑え環18を保持環17に、締め代を持って外嵌する。尚、上記セグメント16、16は、所定方向、本実施例の場合には軸方向(図1の表裏方向、図2の上下方向)に着磁している。

【0020】上述の様に構成される永久磁石15は、例えば前述の図13に示す様なフライホイール10の下面に固定して、本発明の超電導磁気軸受装置とする。この様な超電導磁気軸受装置が、超電導体13と共に超電導スラスト軸受を構成して回転部材であるフライホイール10を浮上状態に支持し、このフライホイール10の回転抵抗を極く小さく抑える際の作用自体は、前述の従来から知られた電力貯蔵装置等に組み込まれた超電導磁気軸受装置と同様である。特に、本発明の超電導磁気軸受装置の場合には、大径の永久磁石15を構成した場合でも、この永久磁石15の強度を十分に大きくして、高速回転時にも遠心力に基づいてこの永久磁石15が破壊される事を防止できる。

【0021】即ち、上記複数のセグメント16、16を組み合わせることで成る円環状の永久磁石15の外周面を保持環17により抑え、更にこの保持環17の外周面を抑え環18により抑え付けている為、強い遠心力が加わった場合にも、上記各セグメント16、16同士が分離方向に変位しない。この為、強い遠心力に拘らず、上記永久磁石15が破損する事がなくなって、上記フライホイール10の超高速回転が可能になり、このフライホイール10を組み込んだ電力貯蔵装置に大きな電力を貯蔵する事が可能になる。

【0022】次に、図3~4は本発明の第二実施例を示している。本実施例の場合には、永久磁石15aを構成する複数のセグメント16、16を保持する為の保持環17aの断面形状をL字形にしている。従って本実施例の場合にはこの保持環17aが、上記各セグメント16、16の軸方向片面(図4の下面)と外周面とのみを覆っている。上述した第一実施例とは異なり、上記各セ

グメント16、16の内周面は覆っていない。従って本実施例の場合には、これら各セグメント16、16を軸方向に着磁する事で超電導スラスト磁気軸受14(図13)を構成できる他、各セグメント16、16を直径方向に着磁する事で超電導ラジアル磁気軸受を構成する事もできる。その他の構成及び作用は、上述した第一実施例と同様である。

【0023】次に、図5~6は本発明の第三実施例を示している。本実施例の場合には、それぞれが単なる短円筒状に形成された内外1対の保持環17b、17cにより、円環状に組み合わせられて永久磁石15bを構成する複数のセグメント16、16の内外両周面を覆っている。前述した第一実施例とは異なり、上記各セグメント16、16の軸方向端面は覆っていない。その他の構成及び作用は、前述した第一実施例の場合と同様である。

【0024】次に、図7~8は本発明の第四実施例を示している。本実施例の場合には、単なる短円筒状に形成された1個の保持環17cにより、円環状に組み合わせられて永久磁石15cを構成する複数のセグメント16、16の外周面を覆っている。上述した第三実施例とは異なり、上記各セグメント16、16の内周面は覆っていない。従って本実施例の場合には、これら各セグメント16、16を軸方向(図7の表裏方向、図8の上下方向)に着磁する事で超電導スラスト磁気軸受14(図13)を構成できる他、各セグメント16、16を直径方向に着磁する事で超電導ラジアル磁気軸受を構成する事もできる。その他の構成及び作用は、上述した第三実施例と同様である。

【0025】次に、図9~10は本発明の第五実施例を示している。本実施例の場合には、前述の図3~4に示した構造を有し、互いに直径が異なる円環状の永久磁石15a、15a'を2個、互いに同心円状に組み合わせ、更にこれら両永久磁石15a、15a'の外周面及び軸方向片面(図10の下面)を、断面L字形の抑え環18aにより抑え付けている。この様な本実施例の構造によれば、直径方向の広い幅領域に互って高密度の磁束をほぼ均等に存在させる事が可能になり、これら両永久磁石15a、15a'を含んで構成される超電導スラスト磁気軸受の負荷能力を大きくできる。又、直径方向内側の永久磁石15aを直径方向に着磁して超電導ラジアル磁気軸受を構成し、合わせて直径方向外側の永久磁石15a'を軸方向に着磁して超電導スラスト磁気軸受を構成する事もできる。その他の構成及び作用は、前述した第一実施例の場合と同様である。

【0026】次に、図11~12は本発明の第六実施例を示している。本実施例の場合には、前述の図3~4に示した構造を有する永久磁石15a、15aを軸方向(図11の表裏方向、図12の上下方向)に複数個(図示の例では4個)重ね合わせている。本実施例の場合には、これら各永久磁石15a、15aを構成するセグメ

7

ント16、16を軸方向、或は直径方向に着磁する。この様な永久磁石15a、15aを利用すれば、高い負荷能力を有する超電導スラスト磁気軸受、或は超電導ラジアル磁気軸受を構成する事ができる。

【0027】

【発明の効果】本発明の超電導磁気軸受装置は、以上に述べた通り構成され作用するので、高速回転時の大きな遠心力によっても円環状の永久磁石が破壊される事のない構造を得られる。従って、例えば電力貯蔵装置に応用した場合に、大量の電力を貯蔵できる構造を実現でき

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施例を示す、図2のA-A断面図。

【図2】図1のB-B断面図。

【図3】本発明の第二実施例を示す、図4のC-C断面図。

【図4】図3のD-D断面図。

【図5】本発明の第三実施例を示す、図6のE-E断面図。

【図6】図5のF-F断面図。

【図7】本発明の第四実施例を示す、図8のG-G断面図。

【図8】図7のH-H断面図。

【図9】本発明の第五実施例を示す、図10のI-I断面図。

10

20

【図10】図9のJ-J断面図。

【図11】本発明の第六実施例を示す、図12のK-K断面図。

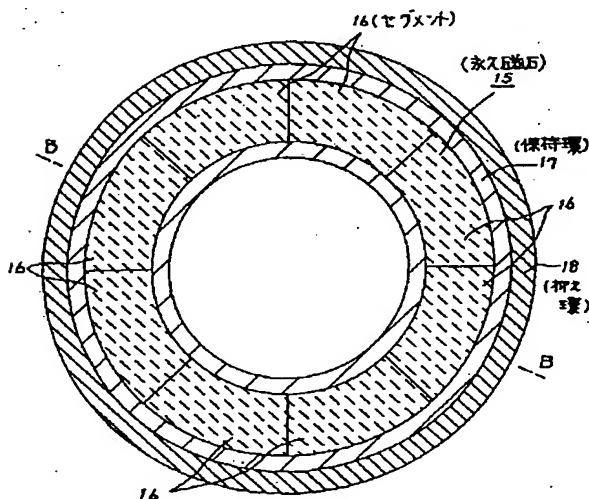
【図12】図11のL-L断面図。

【図13】従来から知られた超電導磁気軸受装置の1例を示す縦断面図。

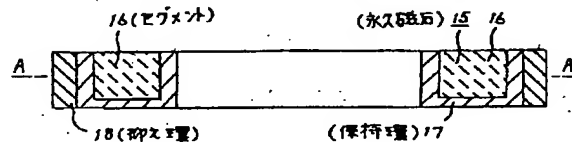
【符号の説明】

- 1 真空ハウジング
- 2 回転軸
- 3 保持筒
- 4 磁性リング
- 5 電磁石
- 6 能動型磁気軸受
- 7 ロータ
- 8 ステータ
- 9 発電機兼用モータ
- 10 フライホイール
- 11 永久磁石
- 12 冷却ジャケット
- 13 超電導体
- 14 超電導スラスト磁気軸受
- 15、15a、15b、15c、15a' 永久磁石
- 16 セグメント
- 17、17a、17b、17c 保持環
- 18、18a 抑え環

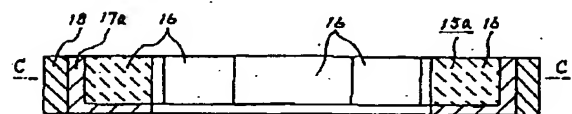
【図1】



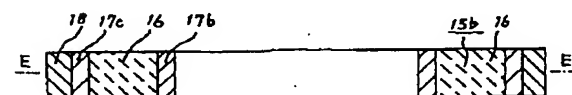
【図2】



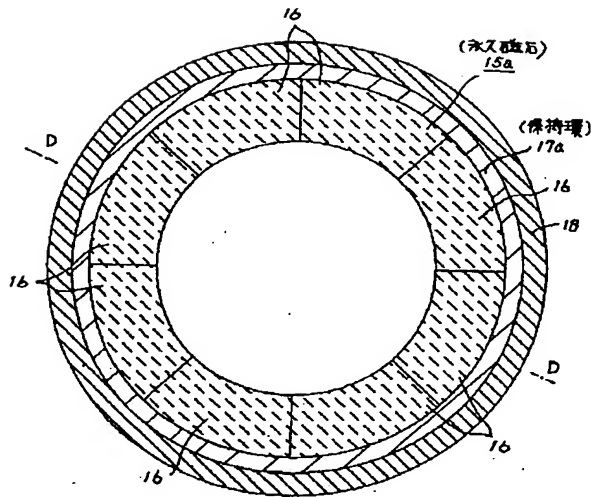
【図4】



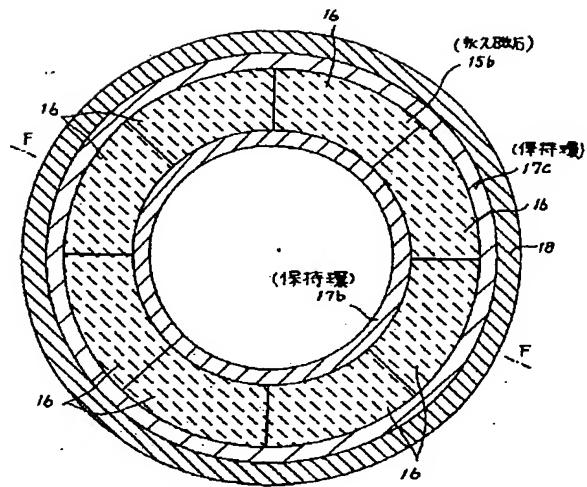
【図6】



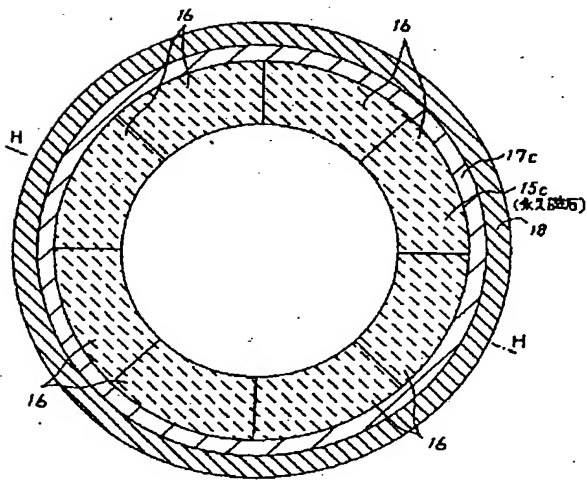
【図3】



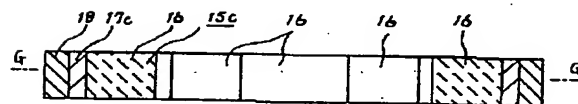
【図5】



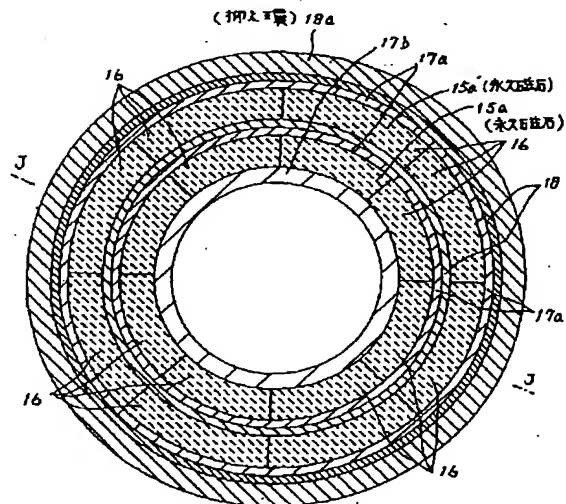
【図7】



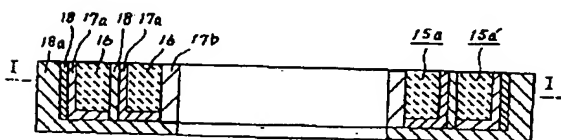
【図8】



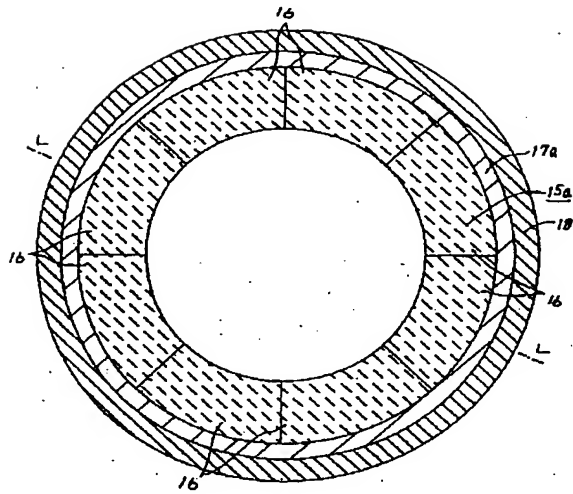
【図9】



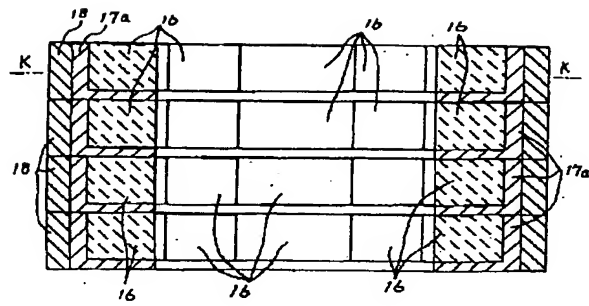
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

